

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

D¹
2 794 305

②1 N° d'enregistrement national : **99 16230**

⑤1 Int Cl⁷ : H 02 M 7/48, H 01 L 23/58

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 22.12.99.

③0 Priorité : 28.05.99 JP 14992899.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.12.00 Bulletin 00/48.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA — JP.

⑦2 Inventeur(s) : MAEKAWA HIROTOSHI, ANZAI KIYOHARU et TUTIYA EIJI.

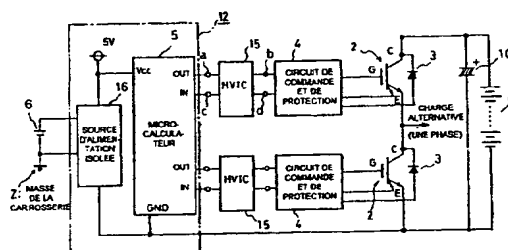
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : SOCIETE DE PROTECTION DES INVENTIONS.

⑤4 **ONDULEUR POUR VEHICULE.**

⑤7 Onduleur ayant une fiabilité élevée dans un environnement d'utilisation rigoureux en améliorant le retard de temps de commutation et l'arrondi de la forme d'onde.

Des circuits de commande et de protection (4) des éléments de commutation et une unité arithmétique de commande (12) sont formés sur le même substrat par l'intermédiaire d'un moyen de transmission de signal (15), les potentiels de masse des circuits de commande et de protection de l'élément de commutation et de l'unité arithmétique de commande sont rendus égaux aux potentiels de masse des éléments de commutation (2), et une partie d'onduleur comprenant les éléments de commutation (2) et un condensateur de lissage (10) est construite en utilisant le même module que le substrat.



FR 2 794 305 - A1



ONDULEUR POUR VEHICULEArrière-plan de l'invention

[Domaine de l'invention]

La présente invention a trait à un procédé
5 d'isolation électrique pour un onduleur pour voiture
comprenant des éléments semi-conducteurs de commutation,
et à une réduction dans la taille de l'onduleur et
l'amélioration de fiabilité de l'onduleur.

10 [Description de la technique antérieure]

La figure 4 est un schéma fonctionnel de circuit
présentant la configuration de la source d'alimentation
d'un onduleur pour voiture de la technique antérieure. La
figure ne montre qu'un circuit à une phase pour une
15 partie de commutation pour commander une charge à courant
alternatif triphasé. On omet les circuits pour les deux
autres phases parce qu'ils sont identiques au circuit
ci-dessus (c.f. le schéma fonctionnel de circuit entier
de la figure 5).

20 Dans la figure 4, le numéro de référence 1 indique
une source d'alimentation à courant continu haute tension
pour commander une charge à courant alternatif non
présentée. Pour une application telle que les voitures
électriques, on utilise généralement plusieurs dizaines
25 à plusieurs centaines de volts. La source d'alimentation
1 en courant continu ci-dessus est électriquement isolée
d'une carrosserie de voiture pour des raisons de
sécurité. Le numéro de référence 2 signifie deux éléments
de commutation formant un bras d'une partie de
30 commutation. Les deux éléments de commutation 2 sont
disposés en série entre les deux extrémités de la source
d'alimentation 1 à courant continu. On utilise
généralement un élément d'alimentation représenté par un

IGBT (transistor bipolaire à porte isolée) comme élément de commutation 2, et on transforme l'alimentation à courant continu provenant de la source d'alimentation à courant continu ci-dessus en courant alternatif triphasé
5 par l'opération de commutation des éléments de commutation 2 formant 3 bras connectés en parallèle comme on va le décrire ci-après dans l'invention. Indiquée par 3 est une diode d'inertie, appariée avec l'élément de commutation 2 ci-dessus, pour renvoyer un courant de
10 reflux au moment de la commutation à la charge à courant alternatif ou à la source d'alimentation 1 à courant continu.

Indiqué par 4 est un circuit pour commander l'élément de commutation 2 ci-dessus et le protéger d'une
15 surchauffe, d'un courant de court-circuit et analogue. Ce circuit est connecté à la borne de sortie du signal de commande et à la borne d'entrée de signal d'anomalie de commutation d'un micro-calculateur 5 par l'intermédiaire des optocoupleurs 8. Le numéro de référence 10 désigne un
20 condensateur pour lisser un courant ondulé au moment de la commutation. La tension de commande du micro-calculateur 5 est fournie à partir d'une source d'alimentation 6 de courant continu basse tension et elle est régulée à 5 V par un circuit régulateur de tension
25 constante général 7.

Ainsi, dans le cas d'une voiture électrique ou d'une voiture électrique hybride, on utilise en général deux sources d'alimentation à courant continu différentes. A savoir, on utilise un accumulateur de 12 V généralement
30 utilisé pour les automobiles comme source d'alimentation 6 à courant continu basse tension et le potentiel de masse (GND) de la source d'alimentation est mis à la

masse de la carrosserie de la voiture de sorte qu'il est rendu égal au potentiel de la carrosserie de voiture.

La source d'alimentation 1 à courant continu haute tension est électriquement isolée de la carrosserie de la
5 voiture dans la plupart des cas parce qu'elle engendre une haute tension et les circuits de commande et de protection 4 sont électriquement isolés du micro-calculateur 5 en utilisant des éléments d'isolation pour la prévention d'un problème de sécurité tel qu'un choc
10 électrique et le principe de fonctionnement des éléments de commutation (différence dans la tension de référence en fonctionnement). On utilise l'optocoupleur 8 qui est relativement peu onéreux et facilement accessible comme élément d'isolation.

15 La masse de carrosserie est représentée par "Z" ci-dessous.

On va décrire ci-dessous le schéma fonctionnel de circuit entier de l'onduleur pour voiture de la figure 5. Les éléments ayant les mêmes symboles de référence que
20 dans la figure 4 ont les mêmes fonctions.

Un onduleur haute tension 9 qui est le circuit principal d'un onduleur pour voiture comprend une source d'alimentation 1 à courant continu, un condensateur de lissage 10 et une partie de commutation composée de
25 3 paires d'éléments de commutation 2 et de 3 paires de diodes d'inertie 3 connectées en parallèle, et transforme une tension de courant continu obtenue en lissant un courant ondulé au moment de la commutation entre les bornes du condensateur de lissage 10 en une tension de
30 courant alternatif triphasé et fournit une alimentation à courant alternatif triphasé à tension variable et fréquence variable à une charge à courant alternatif triphasé 11 telle qu'un moteur à courant alternatif. On

utilise généralement un IGBT comme élément de commutation 2 dans la plupart des cas et G représente une grille, C un collecteur et E un émetteur dans la figure 5.

Les circuits de protection et de commande de
5 l'élément de commutation 4 amplifient un signal de commande provenant d'une unité arithmétique de commande 12 qui est un circuit de régulation de charge à courant alternatif prévu séparé de l'onduleur ci-dessus 9, puis
10 ferme, rend passants, ou ouvre les éléments de commutation pour effectuer l'opération de commutation nécessaire pour transformer l'alimentation à courant continu de l'unité de source d'alimentation 1 à courant continu en alimentation à courant alternatif triphasé à fréquence variable et à tension variable. On utilise dans
15 la plupart des cas un procédé de commande à signal numérique représenté par une régulation PWM (modulation à largeur d'impulsion). Les circuits de commande et de protection 4 ci-dessus servent à protéger les éléments de commutation 2 au moyen d'un signal de détection provenant
20 d'un détecteur non représenté pour détecter la surchauffe ou un courant de court-circuit de l'élément d'alimentation 2. Donc, l'unité arithmétique de commande 12 incorpore généralement un micro-calculateur 5 pour effectuer le calcul afin de réguler la charge à courant
25 alternatif, reçoit chaque courant de phase de la charge à courant alternatif triphasé 11 détectée par un détecteur de courant 13, un signal d'instruction de commande de couple de charge à courant alternatif triphasé provenant d'un régisseur de voiture 14 et un
30 signal d'alarme, et commande l'onduleur 9 ayant diverses fonctions de protection.

Puisque l'onduleur pour voiture de la technique antérieure est constitué comme décrit ci-dessus, les

circuits de commande et de protection de l'élément de commutation 4 doivent être électriquement isolés de l'unité arithmétique de commande 12 pour des raisons de sécurité et de principe de fonctionnement. On utilise
5 souvent un optocoupleur 8 composé d'un élément semi-conducteur optique comme élément d'isolation.

Toutefois, quand on utilise cet optocoupleur 8 dans l'environnement très rude d'un cycle de température pour les propriétés et la structure du semi-conducteur
10 optique, comme dans une automobile, les propriétés étanches d'une partie de couplage optique se détériorent et le couplage (amplification) entre un côté primaire et un côté secondaire s'affaiblit. Dans le pire des cas, le côté primaire et le côté secondaire ne sont pas couplés
15 l'un avec l'autre et cela soulève un problème de fiabilité tel qu'un signal ne peut pas être transmis (vie du produit). Puisqu'un procédé de conversion de signal (signal électrique signal optique signal électrique) est nécessaire pour l'isolation, il apparaît un retard ; et
20 le lissage de la forme d'onde entre un signal d'entrée et un signal de sortie, ainsi qu'une durée de commutation nécessaire pour la régulation PWM ne peuvent pas être assurés.

Résumé de l'invention

25 On a effectué la présente invention pour résoudre les problèmes ci-dessus et c'est un but de la présente invention de fournir un onduleur qui améliore le retard de temps de commutation et l'arrondi de forme d'onde et possède une fiabilité élevée même dans un environnement
30 d'utilisation rigoureux comme dans une automobile et pour intégrer un circuit haute tension et réduire la taille d'un circuit de commande d'onduleur.

Selon un premier aspect de la présente invention, il est fourni un onduleur pour voiture, dans lequel les circuits de commande et de protection de l'élément de commutation et une unité arithmétique de commande sont
5 formés sur le même substrat par l'intermédiaire d'un moyen de transmission de signal, ayant une fonction d'isolation, pour transmettre un signal entre les circuits de commande et de protection et l'unité arithmétique de commande, et une partie d'onduleur
10 comprenant des éléments de commutation et un condensateur de lissage est construit en utilisant le même module que le substrat.

Selon un deuxième aspect de la présente invention, on fournit un onduleur pour voiture, dans lequel le moyen
15 de transmission de signal ci-dessus est composé d'un circuit intégré haute tension (HVIC), mais pas d'un élément d'isolation tel qu'un optocoupleur.

Selon un troisième aspect de la présente invention, on fournit un onduleur pour voiture, dans lequel les
20 potentiels de GND des circuits de commande et de protection de l'élément de commutation et l'unité arithmétique de commande formés sur le même substrat sont rendus égaux aux potentiels de GND des éléments de commutation.

25 Les buts, particularités et autres avantages ci-dessus de l'invention deviendront apparents d'après la description suivante quand on l'associe aux dessins annexés.

30 Brève description des dessins annexés

La figure 1 est un schéma fonctionnel du circuit de la source d'alimentation d'un onduleur pour voiture selon une forme de réalisation de la présente invention;

La figure 2 est un schéma fonctionnel de circuit équivalent d'un circuit HVIC;

La figure 3 est un schéma fonctionnel de circuit entier d'un onduleur pour voiture selon une autre forme de réalisation de la présente invention;

La figure 4 est un schéma fonctionnel de circuit de source d'alimentation d'un onduleur pour voiture de la technique antérieure; et

La figure 5 est un schéma fonctionnel de circuit entier d'un onduleur pour voiture de la technique antérieure.

Description détaillée des formes de réalisation préférées

On va décrire ci-dessous des formes de réalisation de la présente invention en référence aux dessins annexés.

Dans la description suivante, on donne aux éléments identiques et correspondants à ceux de la technique antérieure, les mêmes symboles de référence.

Forme de réalisation 1

La figure 1 est un schéma fonctionnel de circuit présentant la constitution de la source d'alimentation d'un onduleur pour voiture selon la forme de réalisation 1 de la présente invention. La figure 1 ne présente qu'un circuit d'une phase pour une partie d'alimentation pour commander une charge à courant alternatif triphasé.

Dans la figure 1, le numéro de référence 1 représente une source d'alimentation à courant continu haute tension, 2, les éléments de commutation composés d'un IGBT, 3, les diodes d'inertie, 4, les circuits de commande et de protection d'éléments de commutation, 10, un condensateur de lissage, 12, une unité arithmétique de

commande comprenant un micro-calculateur 5 pour effectuer le calcul pour la commande d'une charge à courant alternatif et d'une source d'alimentation à courant continu basse tension 6, 15, les circuits HVIC comme
5 moyen de transmission de signaux ayant la fonction d'isoler l'unité arithmétique de commande 12 des circuits de commande et de protection 4 et transmettant un signal entre l'unité arithmétique de commande 12 et les circuits de commande et de protection 4, et 16, une source
10 d'alimentation d'isolation pour fournir une tension au micro-calculateur 5.

L'onduleur pour voiture de cette forme de réalisation diffère de l'onduleur pour voiture de la technique antérieure en ce que l'on utilise le circuit
15 HVIC 15 à la place de l'optocoupleur 8 qui est un élément pour isoler le micro-calculateur 5 incorporé dans l'unité arithmétique de commande 12, comme circuit de commande de charge à courant alternatif à partir des circuits de commande et de protection de l'élément de commutation 4,
20 la GND (masse) du micro-calculateur 5 est connectée à la GND de la source d'alimentation à courant continu haute tension 1, et on utilise la source d'alimentation d'isolation 16 pour obtenir 5 V à partir de la source d'alimentation à courant continu basse tension 6, comme
25 source d'alimentation pour le micro-calculateur 5. Ainsi, on réalise l'isolation électrique au moins de la carrosserie de la voiture.

Le circuit HVIC est un circuit intégré semi-conducteur haute tension connu qui incorpore des
30 transistor MOS à canal N pour décaler le niveau de signal d'une basse tension vers une haute tension et des transistors MOS à canal P pour décaler le niveau de signal d'une haute tension vers une basse tension. Le

circuit HVIC possède généralement une structure de type JI ou DI. Puisque le circuit HVIC ci-dessus peut assurer une résistance d'isolation équivalente à une grille MOS, on l'implante comme moyen de transmission de signal ayant
5 une fonction d'isolation dans les domaines industriels et commerciaux.

Comme présenté dans le schéma fonctionnel de circuit équivalent de la figure 2, le circuit HVIC se compose d'un premier circuit de transmission de signal 15A pour
10 transmettre un signal provenant du micro-calculateur 5 vers le circuit de commande et de protection de l'élément de commutation 4, qui comprend un circuit ON 15a et un circuit OFF 15b, ayant chacun un transistor MOS à canal N haute tension (HV Nch MOS) connecté à la borne de
15 sortie du micro-calculateur 5 par l'intermédiaire d'un point de connexion "a", et un SR-FF (Bascule bistable esclave) 15c qui fonctionne en réponse aux sorties du circuit ON 15a et du circuit OFF 15b, et un deuxième circuit de transmission de signal 15B pour transmettre un
20 signal du circuit de commande et de protection 4 au micro-calculateur 5, qui comprend un circuit ON 15d et un circuit OFF 15e, ayant chacun un transistor MOS à canal P haute tension (HV Pch MOS) connecté à la sortie du circuit de commande et de protection 4 par
25 l'intermédiaire d'un point de connexion "d", et un SR-FF 15f qui fonctionne en réponse aux sorties du circuit ON 15d et du circuit OFF 15e, et possède la fonction d'isoler le circuit de commande et de protection 4 du micro-calculateur 5 et transmet un signal entre le
30 circuit de commande et de protection 4 et le micro-calculateur 5.

A savoir, dans le premier circuit de transmission de signal 15A, le circuit ON 15a devient actif sur un flanc

montant d'une impulsion d'entrée provenant d'un point de connexion "a" et le circuit OFF 15b devient actif sur un flanc descendant, formant ainsi deux lignes de signal et activant la bascule SR-FF 15c. Quand on met à l'état
5 passant le transistor HV Nch MOS du circuit ON 15a, la bascule SR-FF 15c est armée et le potentiel du point de connexion "b" pour le circuit de commande et de protection 4 passe au niveau haut. Quand on met à l'état passant le transistor HV Nch MOS du circuit OFF 15b, la
10 bascule SR-FF 15c est désarmée et le potentiel du point de connexion "b" passe au niveau bas. En résultat, on transmet un signal à partir du micro-calculateur 5 au circuit de commande et de protection de l'élément de commutation 4.

15 Le deuxième circuit de transmission de signal 15B diffère du premier circuit de transmission de signal 15A en ce que le transistor MOS haute tension est un transistor MOS à canal P et le circuit effectue une opération similaire pour transmettre un signal à partir
20 du circuit de commande et de protection de l'élément de commutation 4 au micro-calculateur 5.

On donne ultérieurement une description du fonctionnement de l'onduleur pour voiture constitué ci-dessus.

25 On incorpore le micro-calculateur 5 dans l'unité arithmétique de commande 12, il produit un signal PWM dans un motif prédéterminé, et ferme ou ouvre le circuit de commande et de protection de l'élément de commutation 4 par l'intermédiaire du circuit HVIC 15 pour commander
30 l'élément de commutation de façon à transformer l'alimentation de la source d'alimentation 1 à courant continu haute tension en alimentation à courant alternatif triphasé à tension variable et à fréquence

variable. Quand une anomalie telle qu'une surchauffe ou un courant de court-circuit apparaît dans les éléments de commutation 2, le circuit de commande et de protection de l'élément de commutation 4 met hors service un signal de porte à l'élément de commutation 2 et informe le micro-calculateur 5 de l'anomalie par l'intermédiaire du circuit HVIC 15.

Puisque l'onduleur pour voiture de cette forme de réalisation utilise le circuit HVIC 15 pour transmettre un signal entre les éléments ayant différents niveaux de GND, la GND du micro-calculateur 5 est connectée à la GND de la source d'alimentation 1 à courant continu haute tension sans utiliser d'optocoupleur, rendant ainsi possible de réduire la taille du circuit de commande de l'onduleur d'alimentation.

Forme de réalisation 2

La figure 3 est un schéma fonctionnel de circuit entier d'un onduleur pour voiture selon la forme de réalisation 2 de la présente invention. Dans la figure 3, les éléments ayant les mêmes symboles de référence que ceux de la figure 1 ont les mêmes fonctions.

L'onduleur pour voiture de cette forme de réalisation diffère de l'onduleur pour voiture de la technique antérieure en ce que l'unité arithmétique de commande 12 en tant que circuit de commande de charge à courant alternatif est incorporé dans l'onduleur 9 et est formé sur le même substrat comme les circuits de commande et de protection de l'élément de commutation 4. De plus, comme décrit dans la forme de réalisation 1 ci-dessus, le potentiel de la GND de la plupart des circuits de l'unité arithmétique de commande 12, y compris du micro-calculateur 5 est rendu égal à un potentiel de référence

sur le côté bas du bras des éléments de commutation 2, à savoir, le potentiel de la GND de la source d'alimentation 1 à courant continu haute tension ; on peut transmettre un signal aux six éléments de
5 commutation 2 constituant un circuit triple en pont sans utiliser d'élément d'isolation électrique tel qu'un optocoupleur comme s'ils avaient le même potentiel.

Quand une anomalie telle qu'une surchauffe ou un courant de court-circuit apparaît dans l'élément de
10 commutation 2, le circuit de commande et de protection de l'élément de commutation 4 traite l'anomalie en réponse à un signal provenant d'un détecteur formé sur la même puce que les éléments de commutation 2 et informe le micro-calculateur 5 de l'anomalie par l'intermédiaire du
15 circuit HVIC 15.

Donc, un circuit haute tension peut être intégré et on peut réduire la taille d'un circuit de commande d'onduleur en effectuant une isolation électrique à l'aide d'une partie pour transmettre un signal
20 d'instruction de commande provenant d'un régisseur de voiture 14 séparé de l'onduleur 9.

Puisqu'il n'existe aucune étape de conversion d'un signal électrique en un signal optique au moment de l'isolation du fait de l'utilisation du circuit HVIC 15
25 à la place de l'optocoupleur classique, la vitesse de transmission de signal est grandement améliorée et on peut utiliser efficacement la largeur d'impulsion de commutation, étendant ainsi la gamme de régulation PWM.

De plus, puisque l'unité arithmétique de commande 12
30 incluant le micro-calculateur 5 est incorporée dans l'onduleur 9, on peut ajouter avec facilité la fonction de commande d'apprentissage du détecteur formé sur la même puce que les éléments de commutation 2 et une

fonction de protection faisant usage d'un signal
provenant du détecteur ci-dessus, permettant ainsi de
construire un onduleur à fonction avancée. Puisque le
circuit HVIC 15 n'est pas parfaitement isolé
5 électriquement, un élément d'isolation électrique 17 est
nécessaire entre le circuit HVIC 15 et un régisseur
externe de voiture 14 pour des raisons de sécurité. On
peut réduire le nombre de lignes de transmission du
signal en employant une communication sérielle générale
10 ou un système LAN comme système pour transmettre un
signal au régisseur externe de voiture 14. Ceci contribue
à une réduction dans le nombre de fils de voiture et à
une réduction dans la probabilité d'une panne de contact
au niveau du connecteur, aboutissant à une fiabilité
15 améliorée. On peut utiliser un élément de couplage
magnétique tel qu'un transformateur d'impulsions comme
élément d'isolation électrique ci-dessus 17.

Dans les formes de réalisation 1 et 2 ci-dessus, on
utilise un IGBT général comme élément de commutation 2.
20 On peut obtenir le même effet en utilisant un élément
d'alimentation tel qu'un transistor bipolaire ou MOSFET.

Comme ayant été décrit ci-dessus, selon le premier
aspect de la présente invention, les circuits de commande
et de protection d'élément de commutation et l'unité
25 arithmétique de commande sont formés sur le même substrat
par l'intermédiaire du moyen de transmission de signal
ayant une fonction d'isolation, et une partie d'onduleur
comprenant les éléments de commutation, et le
condensateur de lissage est construite en utilisant le
30 même module que le substrat, permettant ainsi de réduire
la distance de transmission de signal et la capacité du
circuit. En résultat, on peut réduire la taille de

l'onduleur pour voiture et on peut améliorer les caractéristiques EMC de l'onduleur.

Selon le deuxième aspect de la présente invention, puisque le moyen de transmission de signal ci-dessus est
5 composé d'un circuit HVIC, on peut obtenir un onduleur hautement fiable dans un environnement d'automobile rigoureux et on peut améliorer le retard du temps de commutation et l'arrondi de la forme d'onde, permettant ainsi d'utiliser une large gamme de rapport cyclique de
10 forme d'onde de régulation PWM et d'étendre la gamme de régulation.

Selon le troisième aspect de la présente invention, puisque les potentiels des GND des circuits de régulation et de protection de l'élément de commutation et l'unité
15 arithmétique de commande formés dans le même module sont rendus égaux aux potentiels des GND des éléments de commutation, on peut intégrer un circuit haute tension et on peut réduire la taille de l'onduleur.

REVENDICATIONS

1. Onduleur pour voiture pour transformer une alimentation à courant continu en alimentation à courant alternatif et produire l'alimentation à courant alternatif comprenant:
- un condensateur (10) pour lisser l'alimentation à courant continu provenant d'une source d'alimentation à courant continu;
 - 10 - une partie de commutation composée de 3 bras connectée en parallèle entre les deux extrémités de la source d'alimentation à courant continu, chacune formée par une paire d'éléments de commutation (2) connectés en série;
 - 15 - des circuits de commande et de protection (4) pour commander et protéger les éléments de commutation;
 - une unité arithmétique de commande (12) qui est un circuit de commande de charge à courant alternatif; et
 - 20 - un moyen de transmission de signal (15), ayant la fonction d'isoler les circuits de commande et de protection de l'unité arithmétique de commande, pour transmettre un signal entre les circuits de commande et de protection et l'unité arithmétique de
 - 25 commande, dans lequel
- les circuits de commande et de protection (4) de l'élément de commutation et l'unité arithmétique de commande (12) sont formés sur le même substrat par l'intermédiaire du moyen de transmission (15), et une
- 30 partie d'onduleur comprenant les éléments de commutation (2) et le condensateur de lissage (10) est construite en utilisant le même module que le substrat.

2. Onduleur pour voiture selon la revendication 1, dans lequel le moyen de transmission de signal (15) est composé d'un circuit intégré semi-conducteur haute tension.

- 5 3. Onduleur pour voiture selon la revendication 1, dans lequel les potentiels de masse, des circuits de commande et de protection de l'élément de commutation et l'unité arithmétique de commande sont rendus égaux aux potentiels de masse des éléments de commutation.

FIGURE 2

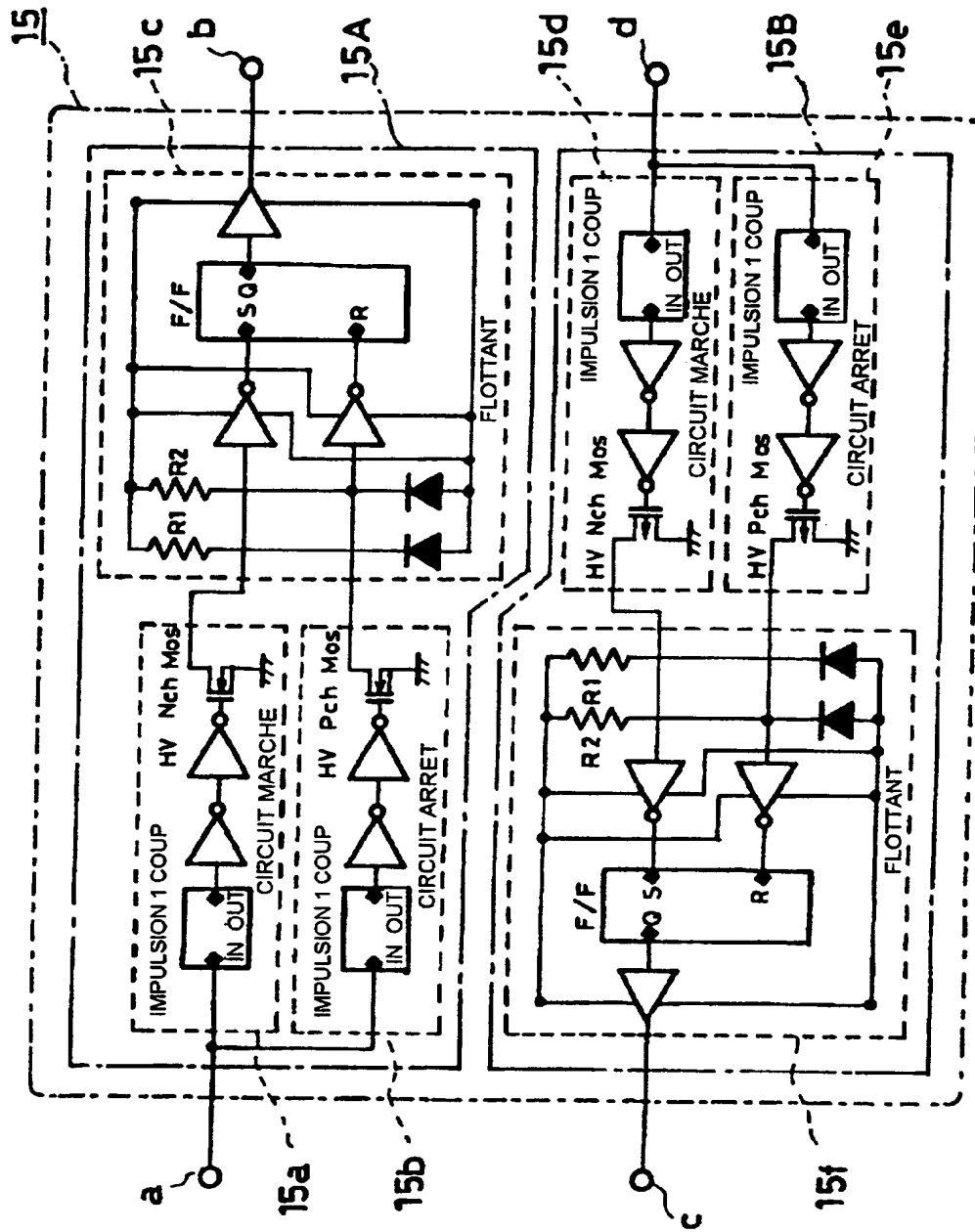


FIGURE 4

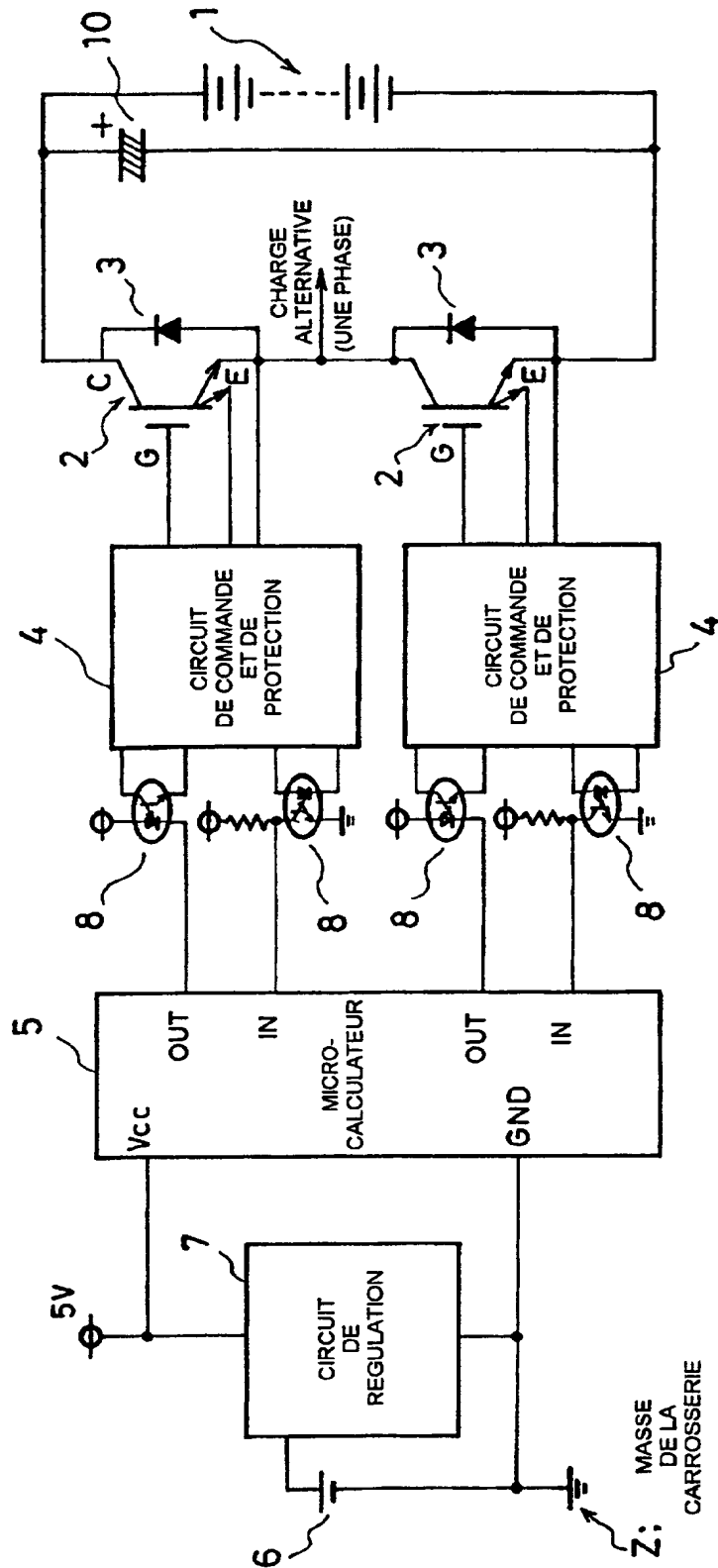


FIGURE 5

